

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09026436 A**

(43) Date of publication of application: **28.01.97**

(51) Int. Cl

**G01R 1/073**  
**G01R 31/26**  
**G01R 31/28**  
**H01L 21/66**

(21) Application number: **07174612**

(22) Date of filing: **11.07.95**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **HASEGAWA TAKESHI**  
**HOSOKI SHIGEYUKI**  
**DOI TAKAHISA**  
**KONO MAKIKO**  
**TOMIMATSU SATOSHI**

(54) **ELECTRONIC ELEMENT EVALUATION DEVICE**

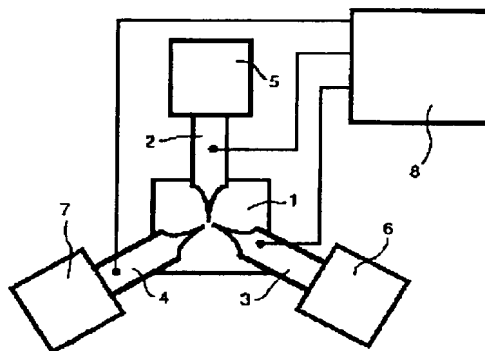
of the sample 1.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To evaluate the characteristics of a specific element circuit which is formed at a submicron region of an actual device by arranging a plurality of probes with a sharp tip on a sample surface at a specific inclination and interval.

**SOLUTION:** For example, the center axes of probes 2-4 are deviated from the normal direction of the surface of the surface of a measurement sample 1 and the deviation  $\theta$  is set to a range of 30-60°. Also, the probes 2-4 are arranged with an interval exceeding an azimuth angle with the sample 1 as the center, namely at least 30° from a reference line when the probes 2-4 are projected on the surface of the sample 1. By setting the azimuth angle to  $2\pi/n$ , the distance between contacts among the probes can be minimized. By deviating the center axes of the probes 2-4 from the normal line of the surface of the measurement sample 1 and arranging the probes 2-4 with an interval exceeding an azimuth angle of at least 30°, the probes cannot be in contact with one another and a plurality of probes can be brought into contact with a small region on the surface



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-26436

(43) 公開日 平成9年(1997) 1月28日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所	
G 0 1 R	1/073		G 0 1 R	1/073	E
	31/26			31/26	J
	31/28		H 0 1 L	21/66	B
H 0 1 L	21/66		G 0 1 R	31/28	K

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-174612

(22) 出願日 平成7年(1995) 7月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 長谷川 剛

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 細木 茂行

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 土井 隆久

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子素子評価装置

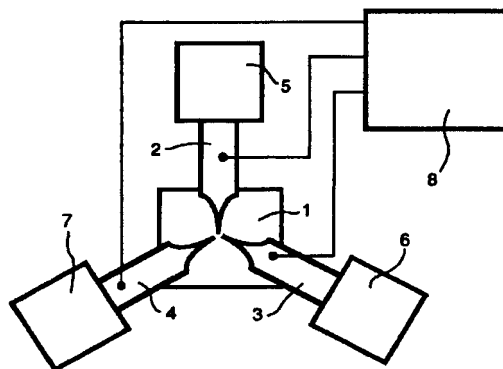
(57) 【要約】

【目的】 実デバイス上のサブミクロン領域に形成された、特定素回路の特性評価を可能にする。

【構成】 鋭利な先端を有する複数 (n) 本の探針を、試料表面の法線から傾け (30°~60°)、かつ方位角30°以上の間隔で配置するようにした。

【効果】 サブミクロン領域に同時に複数の探針を接触せられるため、実デバイス上での回路素子の特性解析が可能になる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の探針を有する電子素子評価装置であって、前記探針の中心軸は測定すべき試料表面の法線より傾いており、かつ、試料面内の測定すべき点を中心として、方位角 $30^\circ$ 以上の間隔で配置されていることを特徴とする電子素子評価装置。

【請求項2】前記探針の中心軸と試料表面の法線とのなす角が $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲にあることを特徴とする請求項1記載の電子素子評価装置。

【請求項3】2本の探針が方位角 $30^\circ$ 以上の間隔で配置されていることを特徴とする請求項1ないし2記載の電子素子評価装置。

【請求項4】方位角が $120^\circ$ であることを特徴とする請求項3記載の電子素子評価装置。

【請求項5】3本の探針が試料表面の測定すべき点を中心として方位角 $30^\circ$ 以上の間隔で配置されていることを特徴とする請求項1ないし2記載の電子素子評価装置。

【請求項6】方位角が $120^\circ$ であることを特徴とする請求項5記載の電子素子評価装置。

【請求項7】4本の探針が試料表面の測定すべき点を中心として方位角 $30^\circ$ 以上の間隔で配置されていることを特徴とする請求項1ないし2記載の電子素子評価装置。

【請求項8】方位角が $90^\circ$ であることを特徴とする請求項7記載の電子素子評価装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子素子の特性を評価する装置に係わる。

## 【0002】

【従来の技術】従来電子素子の特性評価は、プローバと呼ばれる装置を用いて行われていた。例えば、半導体計測評価事典（サイエンスフォーラム社）第544頁にその例が記載されている。この方法では、プローバと呼ばれる探針を試料表面上に形成されたボンディングパッドと呼ばれる電極にあて、電子素子の特定部分との電気的接触をはかる。例えば、2本の探針を用いることによって、回路の特定部分の電流電圧特性などの素子特性を評価することができる。この方法では、一辺 $100\mu\text{m}$ 程度のボンディングパッドが表面上に形成された、評価用の試料（TestElement Group：TEG）を予め用意する必要があった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】前記従来の方法では、測定のための一辺 $100\mu\text{m}$ 程度のボンディングパッドを試料表面上にあらかじめ形成する必要があった。すなわち、光学顕微鏡で容易に位置合わせができ、かつ探針を乗せるだけで確実に電気的接触をとることができる測定用の電極（ボンディングパッド）が必要だったのであ

る。しかし、電子素子の微細化が進むにつれて（例えば、16メガDRAMでは $0.5\mu\text{m}$ 線幅の微細加工技術が用いられている）、その微細化ゆえに現れる不良が顕著になってきた。

【0004】このような不良は、素子形成プロセスの微妙な条件の違いで現れることが多い。ところが、TEGは一辺 $100\mu\text{m}$ 程度のボンディングパッドを形成する必要があるため、形成プロセス及び構造自体が実デバイスと完全には一致していない。そのため、解析すべき不良が現れないことがある。即ち、従来のプローバでは、実デバイスを測定することができないため、目的とする不良解析が行えないという問題が発生していた。これを解決するためには、実デバイス上の微小な領域に（ $\sim 0.1\mu\text{m}$ ）に複数の探針を接触させる必要があった。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためには、従来のプローバにおいて探針の先端を鋭利（曲率半径 $10\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ 程度）にすれば良いだけでない。従来のプローバでは、支持部材30の先端に設置された探針31をボンディングパッドに接触させていた。この探針の先端を鋭くすることによって、一本の探針の先端を微小領域に接触させることは可能である。しかし、複数の探針を微小領域に接触させようとすると、探針同士が先端部以外の部分で先に接触してしまう。その結果、試料の微小領域に複数の探針を接触させることができなかった。これは、従来法では、先に述べた操作性と信頼性の問題から、先端の鈍い探針を試料表面にほぼ垂直に接触させていたことに問題があることが分かった。すなわち、試料の微小領域に複数の探針を接触させるためには、以下に述べる手段が必要であることが本発明により明らかになった。

【0006】本発明では、探針の中心軸を測定試料表面の法線方向からずらすようにした。そのずれ $\theta$ を、 $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲に設定した。

【0007】また、複数（ $n$ 本）の探針を、試料を中心として方位角 $30^\circ$ 以上の間隔で配置するようにした。なお、方位角を $2\pi/n$ にすると、探針間の接触点間距離を最も小さくできる。

【0008】なお、法線とは試料表面に垂直な線のことであり、方位角 $\phi$ とは、試料表面上に探針を投影した場合のある基準線からの角度である（図3参照）。

## 【0009】

【作用】本発明では、探針の中心軸を測定試料表面の法線からずらし、かつ方位角 $30^\circ$ 以上の間隔で探針を配置したので、探針同士が接触することなく、試料表面上の微小な領域に複数の探針を接触させることができる。

## 【0010】

【実施例】本発明の一実施例を図1を用いて説明する。図1は、本発明の主要部を真上から見た図である。測定試料1を中心にして、3本の探針2～4が方位角 $120^\circ$

° ( $2\pi/3$ ラジアン)の間隔で配置されている。それぞれの探針は探針移動機構5~7により移動させられ、試料の目的とする位置に探針先端部を接触させられるようになっている。それぞれの探針は、評価・測定部8と電氣的に結合されており、電圧の印加や各探針間を流れる電流の計測などが行えるようになっている。

【0011】図2は、本発明の主要部を横から見た図(図1において探針2側から見た図、探針2は省略)である。2本の探針3、4が、試料1の特定の場所に、試料に対して斜め方向から接触していることがわかる。本発明ではこのように先端の鋭利な探針の中心軸9、10を試料に対して斜め方向に設定することによって、微小領域に複数の探針を接触させられるようにしている。

【0012】このような探針の配置にする理由を、次に説明する。探針の先端をいくら鋭利なものにしても、ナノメートルレベルでは有限な大きさになる。さらに先端部から離れるにしたがって、その大きさ(径)は大きくなる。探針先端を試料表面に接触させても探針を破損させないために、探針の根元の径 $r$ は少なくともミクロンオーダーにならざるを得ない。例えば、図4に示すように探針を表面に垂直に配置してしまうと、探針の先端20、21がいくら鋭利でも、探針22、23間の距離は探針の根元の径 $r$ 以下にはできない。すなわち、接触点間距離 $d$ は $r$ 以下にはならない。探針の根元の径 $r$ は少なくともミクロンオーダーにならざるを得ないから、探針を試料に対して垂直に接触させると、接触点間距離はミクロンオーダーより小さくならない。このため、図2に示すように斜め方向から探針を試料に接触させる必要があるのである。

【0013】なお、従来法でも操作上の問題から、試料に対して斜め方向から探針の接触をはかっているが、それは探針を支持する部分30(図5参照)のことであって、先端部31のことでないことに注意願いたい。

【0014】以上、探針をマクロスコピックにとらえて説明したが、複数の探針を $0.1\mu\text{m}$ 程度の領域に接触させようとした場合、本発明の重要性がより顕著になる。

【0015】探針先端がいかに鋭くとも、原子レベルで見ればその最先端部の形状は球状に近い(図6参照)。原子が一列に積み上がったような探針(図7参照)は現実には存在しないし、あったとしても探針先端を試料表面に接触させるには強度的に問題がある。

【0016】以下、簡単のため探針先端の形状を放物線を仮定して説明する。探針の中心軸を試料の法線に一致させては探針同志を接近させられないことを先に説明した。このため本発明では、図8に示すように、探針の中心軸40、41を試料表面46の法線47から傾ける。このとき探針は最先端部42、43で試料に接触するのではなく、他の部位44、45で接触することになる。このため、あまり傾けすぎると接触部位が最先端部より遠くなり、結果として探針接触点間の距離 $d$ が大きくな

ってしまう。

【0017】図9は、2探針を用いた場合に、探針の中心軸の試料法線からの傾き(2本とも共通、図8参照)と各探針と試料との接触点間の最小距離を示す図である。探針の中心軸が法線に一致すると、最小接触点間距離は探針の根元の径に依存してしまうので大きくなってしまふ。一方、中心軸が傾きすぎると、接触点が探針の最先端部から離れてしまうために、最小接触点間距離が大きくなってしまふ。このため本発明では、中心軸の試料法線からの傾きを $30\sim60^\circ$ の範囲にとるようにした。この範囲で最小接触点間距離を小さくできることが、図8、図9から分かるであろう。

【0018】次に、方位角について説明する。まず、2探針の場合、探針を対向して設置するのが良い。図10は、2探針を真上から見た図である。図10aが2探針を対向して設置した場合、図10bが方位角 $120^\circ$ で設置した場合の図である。なお、法線からの中心軸の傾きは $30^\circ$ を仮定し、試料表面との接触点を $\times$ 点で示してある。方位角 $120^\circ$ の場合の最小接触点間距離は、 $180^\circ$ の場合のおよそ1.5倍となってしまふ。2本の探針を用いる場合、方位角を $180^\circ$ に設定すると、最小接触点間距離を最も小さくできる。同様の理由から、3本の探針を用いる場合には方位角を $120^\circ$ に(図11参照)、4本の探針を用いる場合には方位角を $90^\circ$ に設定すると良い(図12参照)。

【0019】図10~図12を用いて設定すべき方位角の説明を行った。上述のように、 $n$ 本の探針を用いる場合、方位角を $2\pi/n$ に設定することによって、探針と試料との接触点間距離を最も小さくできる。

【0020】図13は、探針間の方位角と最小接触点間距離の関係を示す図である。方位角が小さくなるに従って、最小接触点間距離が大きくなることが分かる。特に、 $30^\circ$ 以下では、探針の根元同士が接触してしまうため、最小接触点間距離が急に大きくなる(図9における説明参照)。このため、本発明では方位角を $30^\circ$ 以上に設定した。

【0021】方位角 $2\pi/n$ は、 $n$ 本の探針を用いる場合の目安である。装置構成上方位角を $2\pi/n$ より小さくした方が良い場合もある。たとえば、接触点を走査型電子顕微鏡で確認する場合、図14に示すように二次電子検出器60が、探針61~64にさえぎられずに、試料と探針との接触点を望めるようにする必要がある。このような場合、4本の探針の隣りあう探針間の方位角は $90^\circ$ ( $2\pi/4$ )より小さい値になる。

【0022】図15は、本発明を実際の電子素子特性評価に応用した実施例を示す図である。探針50がゲート電極51に、探針52がソース電極53に、探針54がドレイン電極55にそれぞれ接触させられている。探針50に印加する電圧を変化させることで、ゲート電圧を操作できる。このとき、探針52-54間に流れる電

流、すなわちソース・ドレイン間に流れる電流を測定することで、素子特性を評価することができる。このような素子はサブミクロン領域に形成されているため、従来法では探針を直接電極に当ててこのような測定をすることはできなかった。そのため、測定用のTEGを形成する必要があった。しかし、本発明を用いれば、実デバイス上の局所的な素子の特性測定が可能になるのである。

【0023】さらに本発明を用いれば $0.1\mu\text{m}$ をきる微小領域の電気特性などを測定することができるので、デバイス上の素子特性のみならず、薄膜材料などの電気伝導度など基本的な材料特性を測定することができる。例えば、基板上に形成された原子層オーダーの薄膜の電気伝導度は、薄膜自身の電気伝導特性に加え、基板の凹凸等にも影響される。基板上には $\mu\text{m}$ オーダーで見れば必ず原子層高さのステップが存在するから、従来のプローバを用いてマクロな領域の電気伝導度を測定しても、薄膜自身の電気伝導特性を測定することはできない。本発明を用いれば微小領域の電気特性を測定できるので、基板の凹凸などに影響されずに薄膜自身の電気特性を測定することができる。今後、量子効果デバイスなどナノメーターレベルの微小構造を用いたデバイスの開発には、このような微細構造の電気特性の解明が不可欠であり、本発明の有用性が分かる。

【0024】

【発明の効果】本発明では、微小領域に形成された電子素子の特性を評価するために、単に先端の鋭利な探針を用いるようにしただけではなく、探針の中心軸を試料表面の法線より傾け( $30\sim 60^\circ$ )、複数本( $n$ 本)の探針を方位角 $30^\circ$ 以上の間隔で設置するようにしたので、前記複数の探針をサブミクロン領域に同時に接触させることができる。このため、サブミクロン領域に形成された実デバイス上の素子特性を評価でき、従来のように測定用のTEGを形成する必要がない。

【図1】

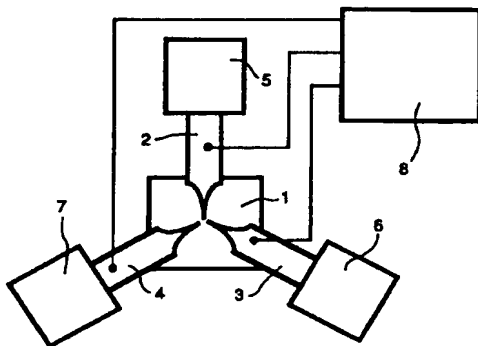


図1

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成を示す説明図。

【図2】図1の主要部を横から見た図。

【図3】法線と方位角の説明図。

【図4】探針を試料表面に垂直に接触させた場合の説明図。

【図5】従来の探針及び探針支持部の説明図。

【図6】ナノメーターレベルで見た探針先端部を示す模式図。

【図7】原子が一行に積み上ったできた探針を示す模式図。

【図8】探針と試料表面との接触点間距離を示す説明図。

【図9】最小接触点間距離の角度依存性を示す説明図。

【図10】2探針での方位角の説明図。

【図11】3探針での方位角の説明図。

【図12】4探針での方位角の説明図。

【図13】最小接触点間距離の方位角依存性を示す説明図。

【図14】二次電子検出器を設置する場合の実施例を示す説明図。

【図15】実デバイスの測定例を示す平面図。

【符号の説明】

1…試料、2、3、4…探針、5、6、7…探針移動機構、8…評価・測定部、9、10…探針の中心軸、20、21…探針先端、22、23…探針、30…探針支持部、31…探針先端部、40、41…探針の中心軸、42、43…最先端部、44、45…試料表面との接触部位、46…試料、47…法線、50…探針、51…ゲート電極、52…探針、53…ソース電極、54…探針、55…ドレイン電極、60…二次電子検出器、61、62、63、64…探針。

【図2】

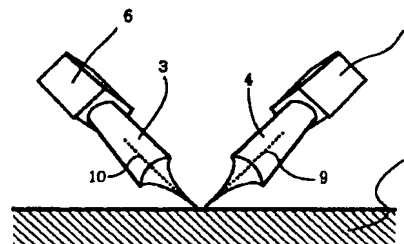


図2

【図7】

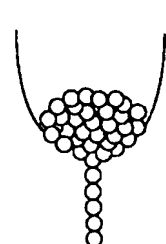
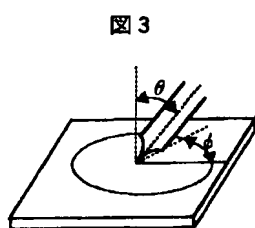
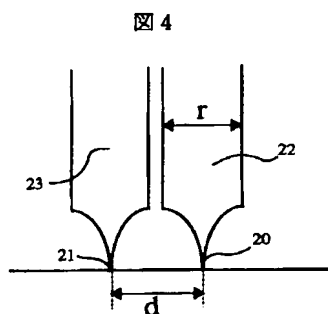


図7

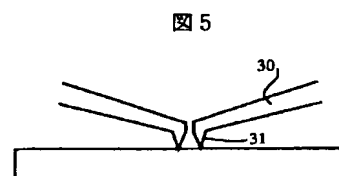
【図3】



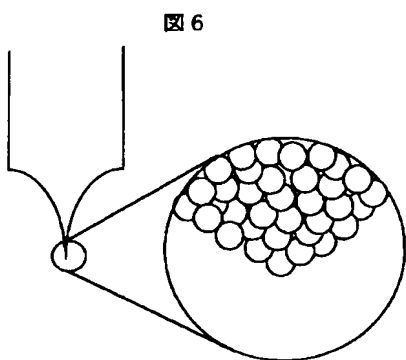
【図4】



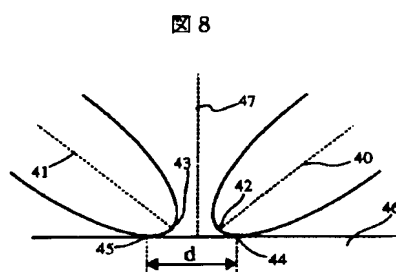
【図5】



【図6】

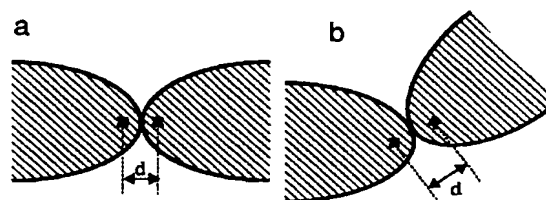


【図8】

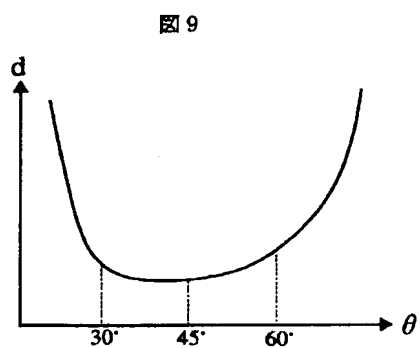


【図10】

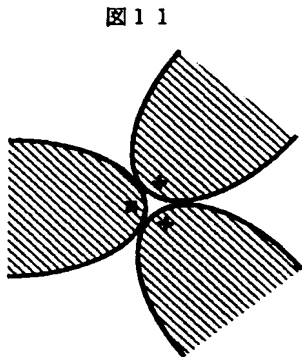
図10



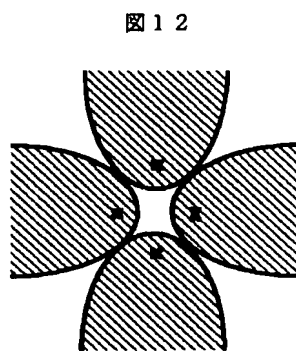
【図9】



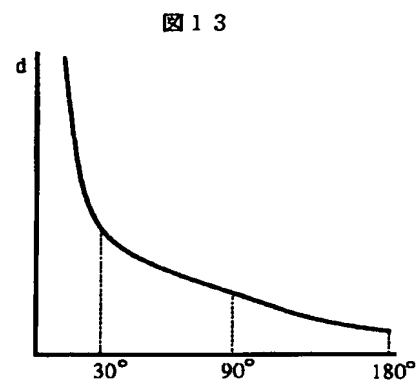
【図11】



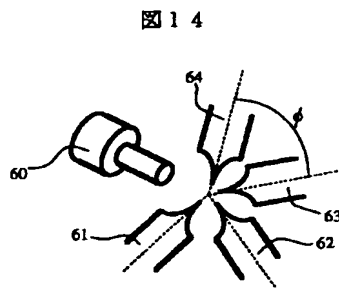
【図12】



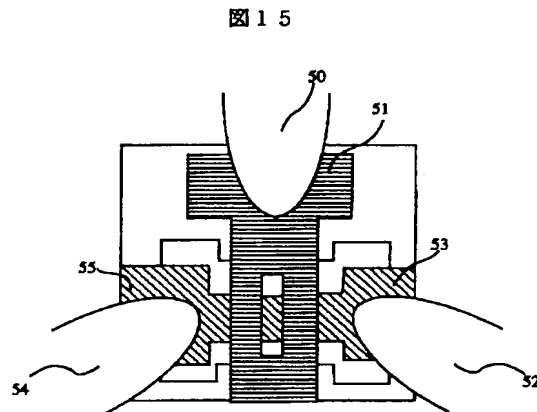
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 河野 真貴子  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 富松 聡  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内